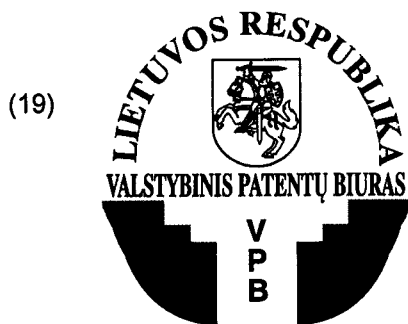




(10) **LT 2013 034 A**

(12) **PARAIŠKOS APRAŠYMAS**

(21) Paraiškos numeris: **2013 034**

(51) Int. Cl. (2014.01): **G02B 5/00**
B23K 26/00

(22) Paraiškos padavimo data: **2013 04 17**

(41) Paraiškos paskelbimo data: **2014 10 27**

(62) Paraiškos, iš kurios dokumentas išskirtas, numeris: —

(86) Tarptautinės paraiškos numeris: —

(86) Tarptautinės paraiškos padavimo data: —

(85) Nacionalinio PCT lygio procedūros pradžios data: —

(30) Prioritetas: —

(71) Pareiškėjas:

UAB „Altechna R&D“, Mokslininkų g. 6A, LT-08412 Vilnius, LT

(72) Išradėjas:

Mindaugas MIKUTIS, LT

(74) Patentinis patikėtinis/atstovas:

**Lina MEŠKAUSKIENĖ, Advokatų kontora Meškauskienė ir Tuzovaitė, A.
Mickevičiaus g. 6/Karaimų g. 1, LT-08119 Vilnius, LT**

(54) Pavadinimas:

**Būdas formuoti difrakcines brego gardeles panaudojant femtosekundinius
beselio pluoštus**

(57) Referatas:

Šio išradimo tikslas yra pateikti būdą skaidrių aukšto efektyvumo tūrinių Brego gardelių arba kitų modifikuoto lūžio rodiklio darinių įrašymui skaidriose dielektrinėse terpėse, panaudojant ultratrumpus impulsus ir aukšto intensyvumo Gauso-Beselio lazerio pluoštus. Būdas apima šiuos žingsnius: ultratrumpų šviesos impulsų generavimą; šviesos impulsų fokusavimą taip, kad šviesos intensyvumas apdirbamos medžiagos viduje viršytų optinės pažeidos slenkstį; ekspozicijos laikinį ir erdvinį valdymą, siekiant riboti defektų atsiradimą, kurie sukeliami terminiais arba kitais reiškiniais; preliminarus rašto formavimą ir įrašymą, panaudojant fokusuotą Gauso lazerinį pluoštą, skenuojant dielektrinę terpę; Gauso-Beselio pluošto formavimą ir fokusavimą dielektrinėje terpėje; Gauso-Beselio pluošto artimojo lauko pasiskirstymo stebėjimą apdirbamos terpės atžvilgiu; pageidaujamo rašto įrašymą, skenuojant dielektrinę terpę krentančio pluošto atžvilgiu, ir įrašyto optinio prietaiso veikimo tikrinimą. Galima pagaminti įvairaus dydžio difrakcines gardeles, fabrikuojant jas keliais sluoksniais.

BŪDAS FORMUOTI DIFRAKCINES BREGO GARDELES, PANAUDOJANT FEMTOSEKUNDINĮ BESELIO PLUOŠTĄ

IŠRADIMO SRITIS

Šis išradimas yra susijęs su būdais, skirtais sukurti nuolatinį modifikuoto lūžio rodiklio raštą arba labai aukšto efektyvumo tūrinę difrakcinę Brego gardelę skaidrioje dielektrinėje terpėje, panaudojant Gauso-Beselio femtosekundinius lazerio pluoštus.

TECHNIKOS LYGIS

Difrakcinė gardelė yra vienas iš pagrindinių optinių elementų fotonikoje. Pralaidžiosios gardelės, turinčios didžiausią difrakcinį efektyvumą, yra reikalingos lazeriuose dirbančiuose didelio energijos tankio ir didelės smailinės galios režime, kadangi netgi menkiausi sugerties nuostoliai gali padaryti didelės žalos ir sukelti optinius pramušimus. Taip pat, nedidelis gardelės optinis netiesiškumas yra naudingas, esant aukštomis lazerinėms apšvitoms/intensyvumams. Iki šiol difrakcinės Brego gardelės dažniausiai buvo formuojamos naudojant foto-termo-refrakcinius stiklus, panaudojant interferuojančią ultravioletinę nuolatinės veikos lazerio spinduliuotę (kaip aprašyta Opt. Lett. 25(23), pp. 1693-1695, 2000) arba ultra trumpaisiais lazerio impulsais kaip aprašyta JAV patente Nr. US2006221449 publikuotame 2006-10-05). Norint, kad optine spinduliuote būtų galima atlikti fotopolimero modifikaciją, paprastai reikalingas įrašymo terpės (stiklo arba fotopolimero) fotojautrumas, tačiau ši savybė gali ir apsunkinti struktūrų formavimo procesą bei riboti galimus pritaikymus.

Kai fotoninių darinių įrašymui stikluose ir kristaluose naudojama dielektrinė pažeida, stipri sklaida vyksta netgi tada, kai fokuso taške formuojami dešimčių nanometrų dydžio dariniai (Opt. Mat. Express 4, pp. 783 - 795, 2011). Patrauklus sprendimas būtų rasti būdą rašyti laisvos formos trimačius darinius, šviesa modifikuojant realiąją lūžio rodiklio n dalį, nesukeliant sugerties. Tam tinkamos įrašymo sąlygos buvo realizuotos mechanškai atspariuose tirpalo-želės terpėse ir 3D darinių formavimas gali būti pasiektas, nenaudojant fotoiniciatoriaus, esant geriausiai, mažesnei nei bangos ilgis, skyrui. (Opt. Express 18(10), pp. 10209-10221, 2010). Optiniai prietaisai suformuoti atspariuose tirpalo-želės terpėse yra nepatogūs tuo, kad

juos sudėtinga integruoti kartu su fotoniniais prietaisais, įrašytais stiklo tūryje.

Grynas lydytas kvarcas, pasižymintis silpna netiesine sugertimi, yra gera medžiaga mikrooptinių elementų formavimui. Įrašant auštos erdvinės skyros difrakcines gardeles, turi būti pasiekiamas aštrus fokusavimas ir maži fokuso taško matmenys. Tačiau, kai naudojami erdvinio Gauso pasiskirstymo lazerio impulsai, tai apsunkina paviršinių gardelių ašinį persiklojimą ir sutankinimą. Taip pat, aštriai fokusuojant pluoštą, filamanetacija nėra nei efektyvi, nei gerai valdoma (S. Juodkasis et. al., "Studies of femtosecond pulse filamentation in glasses" in Int. Conf. Lasers, Applications, and Technologies: High-Power Lasers and Applications, ICONO, Sankt Petersburg, May 11-15, 2005). Todėl, šiame išradime mes naudojame Gauso-Beselio pluoštus tam, kad tuo pačiu metu gautume mažą fokuso taško dydį, esant ašiniam ilgiui, ilgesniam nei dešimtys mikrometrų.

JAV patentas Nr. US2009274420, publikuotas 2009-11-05, aprašo sistemą ir būdą įrašyti neištrinamoms difrakcinėms gardelėms mažos fononų energijos stikluose, bangolaidžiuose. Ultratrumpieji šviesos impulsai yra sugeneruojami ir, dviejų pluoštų pavidale, sinchroniškai sutapdinami bangolaidyje, taip suformuojant interferencinį vaizdą atitinkantį pageidaujamą gardelę. Šviesos impulsai yra fokusuojami taip, kad šviesos intensyvumas bangolaidyje viršytų filamentacijos slenkstį. Bangolaidžio ekspozicija šiais šviesos impulsais yra valdoma laike ir erdvėje, siekiant riboti žalingus efektus, kuriuos sukelia aukšto intensyvumo šviesos impulsai stiklinėje bangolaidžio terpėje.

JAV patentas Nr. US2004184731, publikuotas 2004-09-23 aprašo būdą ir prietaisą keisti medžiagos lūžio rodikliui, panaudojant interferencinį vaizdą. Būdas ir prietaisas apima ultratrumpųjų impulsų lazerinį šaltinį. Lazerio spinduliuojama elektromagnetinė spinduliuotė sklinda iki difrakcinio elemento, išstatyto netoli nuo apdirbamos medžiagos. Difragavusi elektromagnetinė spinduliuotė sudaro interferencinį vaizdą, kurio smailės yra pakankamo intensyvumo ir gali sukelti lūžio rodiklio pokytį.

Ankstesni išradimai aprašo būdus ir sistemas, skirtas Brego gardelių įrašymui skirtingose dielektrinėse terpėse, bet nepateikia būdo didelės skyros ir didelio efektyvumo (iki 90 procentų) skaidrių tūrinių Brego gardelių, kurios reikalingos esamo technikos lygio taikymuose, sudarymui. Patentai, aprašantys būdus, kuriuose naudojamas interferencinis vaizdas, paprastai turi tą trūkumą, kad būtina naudoti fazinę kaukę tam, kad būtų sudaromas interferencinis vaizdas.

IŠRADIMO ESMĖ

Siekiant pašalinti aukščiau nurodytus trūkumus, šiuo išradimu sukuriamas būdas įrašyti neištrinamas aukšto efektyvumo tūrinės skaidrias difrakcines Brego gardeles skaidrioje dielektrinėje terpėje.

Aštriai fokusuoti Gauso pluoštai leidžia gerą skersinį ir ašinį modifikavimo selektyvumą tūrinėje medžiagoje, tačiau ašinis selektyvumas gali būti suprantamas daugiau kaip trūkumas nei pranašumas. Kita vertus, Gauso-Beselio pluoštai, netgi aštriai fokusuojami tam, kad būtų sukuriamos panašių skersinių matmenų modifikacijos, pasižymi galimybe paveikti didesnę sritį ašine kryptimi. Tad šis išradimas leidžia šios Gauso-Beselio pluošto savybės panaudojimą, gaminat įvairaus storio Brego gardeles.

Būdas apima šiuos žingsnius: ultratrumpųjų šviesos impulsų generavimą; šviesos impulsų fokusavimą taip, kad šviesos intensyvumas apdirbamos medžiagos viduje viršytų optinės pažeidos slenkstį; ekspozicijos laikinį ir erdvinį valdymą, siekiant riboti defektų atsiradimą, kurie sukeliami terminiais arba kitais reiškiniais; preliminarus rašto formavimą ir įrašymą, panaudojant fokusuotą lazerinį Gauso pluoštą, skenuojant dielektrinę terpę; Gauso-Beselio pluošto formavimą ir fokusavimą dielektrinėje terpėje; Gauso-Beselio pluošto artimojo lauko pasiskirstymo stebėjimą apdirbamos terpės atžvilgiu; pageidaujamo rašto įrašymą, skenuojant dielektrinę terpę krentančio pluošto atžvilgiu, ir įrašyto optinio prietaiso veikimo tikrinimą.

Kitos esamo išradimo savybės ir pranašumai bus geriau suprasti, perskaičius tinkamiausius įgyvendinimo variantus, atsižvelgiant į pridėtus brėžinius.

TRUMPAS BRĖŽINIŲ FIGŪRŲ APRAŠYMAS

Norint geriau suprasti išradimą ir įvertinti jo praktinius pritaikymus, pateikiami šie aiškinamieji brėžiniai. Brėžiniai pateikiami tik kaip pavyzdžiai ir jokių būdu neriboja išradimo apimtį.

Fig. 1 Vaizduoja pavyzdinį įrangos komplektą, skirtą skaidrioms aukšto efektyvumo Brego gardelėms skaidriuose dielektriniuose padėkluose įrašyti;

Fig. 2 Vaizduoja pavyzdinį įrangos komplektą, skirtą Gauso-Beselio pluošto formavimui ir atvaizdavimui.

TINKAMIAUSIŲ ĮGYVENDINIMO VARIANTŲ DETALUS APRAŠYMAS

Šio išradimo tikslas yra pateikti būdą skaidrių aukšto efektyvumo tūrinių Brego gardelių arba kitų modifikuoto lūžio rodiklio darinių įrašymui skaidrioje dielektrinėse terpėse, panaudojant ultratrumpųjų impulsų ir aukšto intensyvumo Gauso-Beselio lazerio pluoštus.

Pateikiamame aprašyme, pasakymas „difrakcinė gardelė“ nurodo bet kokią periodinę arba aperiodinę moduluoto lūžio rodiklio struktūrą, neištrinamai įrašytą apdirbamoje terpėje. Šios srities specialistui turėtų būti akivaizdu, kad difrakcinė gardelė gali būti vieno ar kelių kanalų, gali būti čirpuota, pakreipta, daugiopai moduluota arba turėti daugiau nei vieną tokią charakteristiką.

Tinkamiausiame įgyvendinimo variante, įrašymo terpė yra tūrinis lydyto kvarco stiklas, o įrašymo pagrindas pagamintas iš šios medžiagos bus įvardijamas „ruošiniu“.

Naudojamas lazerinis šaltinis (2), galintis veikti, kaip koherentinių elektromagnetinių bangų pluošto šaltinis, turintis vidines arba išorines priemones sukurti reikiamo intensyvumo (pasinaudojant tokiomis priemonėmis, kaip optinės galios silpnintuvas, turintis fazinę plokštelę, įtaisytą ant pasukamojo stalo (3) su poliarizatoriumi (4)), impulsų trukmės (nuo kelių femtosekundžių iki šimtų pikosekundžių, bet pageidautina nuo 160 fs iki 2500 fs), pasikartojimo dažnio ir bangos ilgio ultratrumpuosius impulsus. Bangos ilgis turi būti parinktas tokiu būdu, kad, formuojant minėto lūžio rodiklio darinius, neatsirastų tiesinės sugerties. Dažniausiai lazerinių šaltinių spinduliuotė turi intensyvumo pasiskirstymą, kuris gali būti aproksimuojamas Gauso funkcija. Čia daroma prielaida, kad erdvinis pluošto pasiskirstymas yra būtent toks, bet šios srities specialistui neturėtų iškilti sunkumų pritaikant tolimesnius išradimo aspektus, kitokio tipo lazerio pluoštui. Pluošto formavimo optinis elementas, toks kaip plokščias-išgaubtas aksikonas (kūginis lęšis) (5) ar kitas tinkamas elementas yra patalpinamas optiniame kelyje, kur konvertuoja krentantį Gauso pluoštą į Gauso-Beselio pluoštą. Papildomai, fokusuojanti sistema (6) suprojektuota formuoti Gauso-Beselio pluošto sąsmauką, turinčią pageidaujamus parametrus, bandinio viduje, yra talpinama pluošto optiniame kelyje tarp optinių elementų ir bandinio. Tokia fokusavimo sistema gali turėti keletą skirtingų lęšių (7) ir vieną ar daugiau objektyvinių lęšių (8).

Tinkamas bandinio išstatymas krentančiojo pluošto sąsmaukos atžvilgiu yra kontroliuojamas, panaudojant atsispindėjusios arba praėjusios bandinio atžvilgiu

spinduliuotės erdvinį pasiskirstymą artimajame lauke.

Siekiant suformuoti pageidaujamą lūžio rodiklio modifikacijos raštą, bandinys yra judinamas (skenuojamas) krentančiojo pluošto sąsmaukos atžvilgiu, panaudojant tikslaus pozicionavimo stalus (9), kurie, pageidaujama, yra motorizuoti arba valdomi, panaudojant kompiuterį (10) arba panašų prietaisą. Aukšto efektyvumo Brego gardelės gali būti įrašytos bandinio tūryje, jas įrašant sluoksniais, tokiu būdu, kad kiekvienas sekantis sluoksnis įrašomas bandinį pajudinus lygiagrečiai krentančiam pluoštui kryptimi (atliekamas ašinis postūmis) taip, kad modifikuotos sritys persidengtų. Šis procesas bus įvardijamas kaip susiuvimas. Norint pasiekti optimalius rezultatus, procesas turi būti stebimas.

Įrašyto įrenginio kokybės įvertinimas gali būti pasiektas panaudojant integruotą optinį mikroskopą (6, 11) ir/arba gardelę apšviečiant baltos šviesos kontinuumu (BŠK). BŠK difrakcija yra naudojama įvertinti ašinio susiuvimo tikslumą ir gardelių kampiniam bei spektriniam selektyvumui.

Kitame įgyvendinimo variante, prototipinės gardelės bandinio tūryje gali būti įrašomos Gauso pluoštu (panaudojant minėtą būdą, tačiau nenaudojant pluoštą formuojančio optinio elemento), taip surandant optimalius įrašymo parametrus.

Kitame įgyvendinimo variante, Brego gardelių ir susiuvimo defektų BŠK inspekcija yra atliekama sugeneruojant ir fokusuojant 1028 nm bangos ilgio, 280 fs impulsų trukmės, $E_p = 1,6$ J energijos impulsus, esant 25 kHz pasikartojimo dažniui, $NA=0.03$ lęšiu, 2mm storio safyro plokštelėje. $f = 50$ mm lęšis yra naudojamas kolimuoti ir perfokusuoti BŠK į Brego gardelę (neparodyta brėžiniuose). Šis įgyvendinimas nėra ribotas aprašytomis specifinėmis vertėmis ar prietaisais.

Kitame įgyvendinimo variante, apdirbama terpė gali būti pakeista beveik bet kokia kita dielektrine medžiaga, tokia kaip fluorida, chalkogenido, chalkohalido, sodos-kalkinio, borosilikato arba bet kokios kitos rūšies optinis stiklas, turintis panašių optinių savybių. Svarbu paminėti, kad su kitomis medžiagomis gali nepavykti pasiekti tokių aukštų difrakcinių efektyvumų, kaip tūriname lydytame kvarce, dėl medžiagos savybių, tokių kaip sugertis, šiluminis laidumas ir kitos. Ruošinys gali būti bet koks optinis prietaisas, kuriame gali būti naudingos Brego gardelės arba panašūs optiniai elementai, pavyzdžiui optinis šviesolaidis arba plokščiasis bangolaidis.

Dar viename įgyvendinimo variante, minėti fotomodifikuoti lūžio rodiklio raštai yra sudaromi fotopolimero tūryje.

Tuo atveju, kai naudojami optimalūs formavimo parametrai, buvo pademonstruota iki 1 mikrometro raiška ir iki 90 procentų difrakcinis efektyvumas.

APIBRĖŽTIS

1. Būdas įrašyti didelio efektyvumo tūrinės skaidrias Brego gardeles arba kitus panašius periodinius arba aperiodinius lūžio rodiklio darinius skaidrios dielektrinės terpės tūryje, b e s i s k i r i a n t i s tuo, kad lūžio rodiklio modifikacijai formuoti naudojamas sufokusuotas Gauso-Beselio elektromagnetinės spinduliuotės pluoštas.
2. Būdas pagal 1 punktą, b e s i s k i r i a n t i s tuo, kad minėtos Brego gardelės yra gaminamos susiuvant kelis modifikuoto lūžio rodiklio raštų sluoksnius.
3. Būdas pagal vieną iš 1-2 punktų, b e s i s k i r i a n t i s tuo, kad minėtų Brego gardelių susiuvimo proceso efektyvumas yra stebimas, panaudojant priemones minėtų gardelių kokybės ir veikimo tikrinimui.
4. Būdas pagal 3 punktą, b e s i s k i r i a n t i s tuo, kad minėtos tikrinimo priemonės yra optinis mikroskopas.
5. Būdas pagal 3 punktą, b e s i s k i r i a n t i s tuo, kad minėtos Brego gardelės yra tikrinamos apšviečiant minėtas gardeles sufokusuotu baltos šviesos kontinuumu.
6. Būdas pagal 1 punktą, b e s i s k i r i a n t i s tuo, kad skaidri dielektrinė terpė yra tiksliai sulygiuota fokusuoto Gauso-Beselio pluošto atžvilgiu, stebint artimojo lauko Gauso-Beselio pluošto pasiskirstymą minėtos terpės atžvilgiu.
7. Būdas pagal 1 punktą, b e s i s k i r i a n t i s tuo, kad skaidri dielektrinė terpė yra pagaminta iš tūrinio lydyto kvarco arba kitos medžiagos, turinčios panašių savybių.

8. Būdas pagal vienu iš 1-7 punktu, b e s i s k i r i a n t i s tuo, kad elektromagnetinės spinduliuotės bangos ilgis yra toks, kad skaidrioje dielektrinėje terpėje tiesinė sugertis nevyktų.
9. Optinis prietaisas, turintis bent vienu tūrinę Brego gardelę, b e s i s k i r i a n t i s tuo, kad minėta tūrinė Brego gardelė yra pagaminta naudojant būdą, kaip aprašyta viename iš 1-8 punktu.
10. Optinis prietaisas turintis bent vienu plokščią bangolaidį, b e s i s k i r i a n t i s tuo, kad minėtas plokščias bangolaidis yra pagamintas naudojant būdą pagal vienu iš 1-8 punktu.
11. Optinis prietaisas, turintis bent vienu čirpuotą veidrodį, b e s i s k i r i a n t i s tuo, kad minėtas čirpuotas veidrodis yra pagaminamas naudojant būdą pagal vienu iš 1-8 punktu.
12. Optinis prietaisas, turintis bent vienu dvimatį fotoninį darinį, b e s i s k i r i a n t i s tuo, kad minėtas dvimatis fotoninis darinys yra pagamintas naudojant būdą pagal vienu iš 1-8 punktu.

BRĖŽINIAI

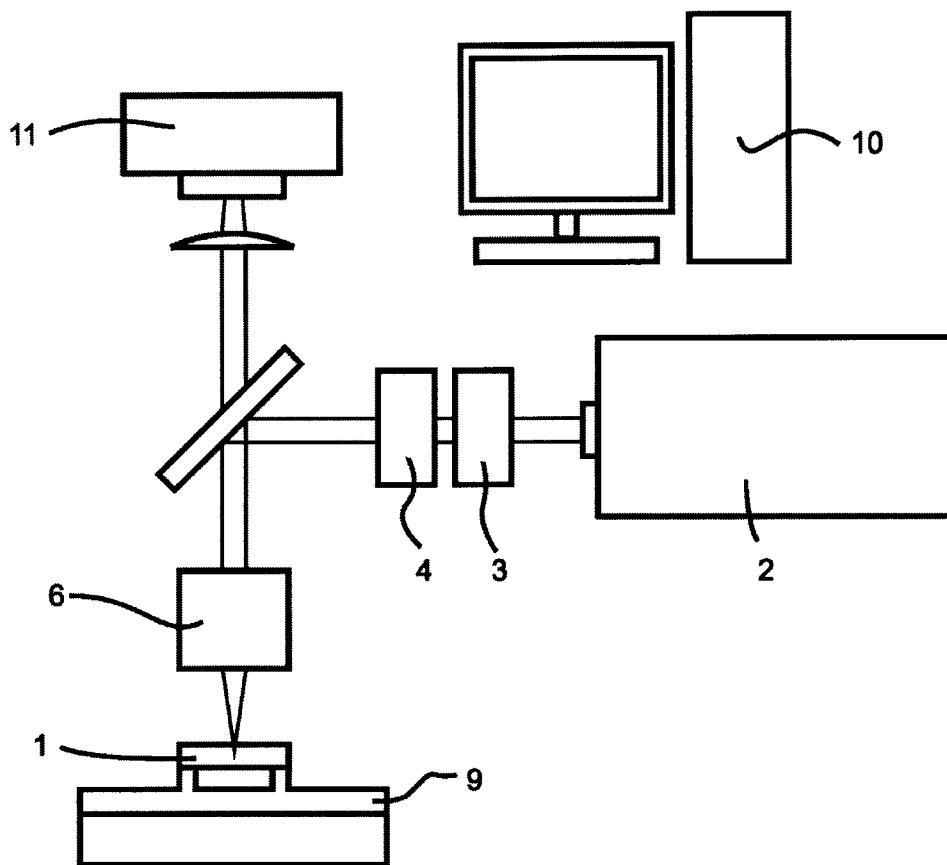


Fig. 1

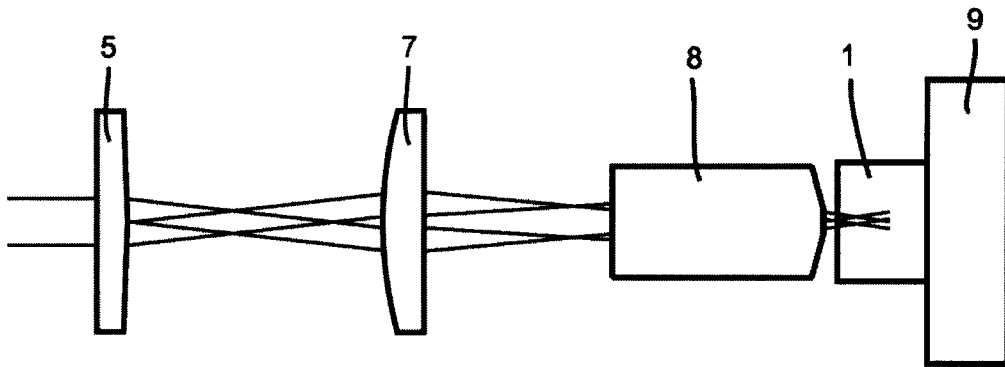


Fig. 2